

⑫ 公開特許公報(A)

平1-158413

⑥ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)6月21日

G 02 F 1/01
G 02 B 6/12C-8106-2H
H-7036-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 光導波路装置

⑰ 特 願 昭62-335263

⑱ 出 願 昭62(1987)12月28日

優先権主張 ⑲ 昭62(1987)9月29日 ⑳ 日本(JP) ㉑ 特願 昭62-242519

㉒ 発 明 者 河 内 正 夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉓ 発 明 者 杉 田 彰 夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉔ 発 明 者 高 戸 範 夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉕ 発 明 者 神 宮 寺 要 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉖ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉗ 代 理 人 弁理士 谷 義 一

明 細 書

1. 発明の名称

光導波路装置

2. 特許請求の範囲

1) 基板と、コア部をクラッド層によって覆って前記基板上に配設した光導波路とを具え、前記光導波路の一部分の光路長を微調するための加熱体を前記クラッド層の上に配設し、かつ前記加熱体により加熱された前記光導波路から前記基板への熱伝導を抑制するように構成したことを特徴とする光導波路装置。

2) 前記コア部および前記クラッド層を、それぞれ、SiO₂を主成分とする石英系ガラスで構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光導波路装置。

(以下余白)

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は単一モード光導波路に関し、より詳細には光導波路の光路差を調節することのできる光導波路装置に関するものである。

[従来の技術]

従来、平面基板上に作製される単一モード光導波路、特にシリコン基板上に作製可能な石英系ガラス単一モード光導波路は、そのコア部の断面寸法を通常使用されている単一モード光ファイバに合わせて5~10μm程度に設定することができるため、光ファイバとの整合性に優れた実用的な導波形光部品の実現手段として期待されている。

とりわけ、石英系ガラス単一モード光導波路により構成される導波形光干渉計は、単一モード光ファイバ通信用や光センサ用の重要な光部品として期待されている。

導波形光干渉計の分野においては、伝播光の位相を調節する機能を光導波路に具備させることが必要である。

第5図に、従来の位相調節部を有する石英系ガラス光導波路の概略構成例を示す。第5図(a)は上述の光導波路の平面図であり、第5図(b)は第5図(a)のA-A'線に沿った断面図である。ここで、1はシリコン基板、2は石英系ガラスからなるコア部、3はコア部2を埋め込み、コア部2を取り囲む石英系ガラスからなるクラッド層、および4はコア部2上のクラッド層3の表面に形成された位相調節器としての薄膜ヒータである。

以上のような構成において、薄膜ヒータ4に通電し、クラッド層3を介してコア部2を加熱すると、いわゆる熱光学効果(Thermo-optic effect)により、コア部2の屈折率が増加し、薄膜ヒータ4の下部の実効的な光路長が変化し、伝播光の位相を変化させることができる。石英系ガラスの屈折率の温度係数 dn/dT は 10^{-5} (1/℃)程度であるから、1cmの長さにあわせて光導波路の温度を10℃上昇させると、光路長を1μm程度変化させることができる。

上述した熱光学効果を利用した位相調節部は、

にある。

〔問題点を解決するための手段〕

かかる目的を達成するために、本発明は、基板と、コア部をクラッド層によって覆って基板上に配設した光導波路とを具え、光導波路の一部分の光路長を微調するための加熱体をクラッド層の上に配設し、かつ加熱体により加熱された光導波路から基板への熱伝導を抑制するように構成したことを特徴とする。

〔作用〕

本発明によれば、光導波路の一部分は基板から実質的に分離されており、その分離された光導波路の上部に光路長を微調するためのヒータが設けられているので、光導波路への加熱効率が良好であり、したがって、消費電力が小さく、しかも相互干渉(クロストーク)の小さい光導波路装置を提供できる。

〔実施例〕

以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

顕著な電気光学効果を有しないガラス光導波路の位相調節手段として有効である。

〔発明が解決しようとする問題点〕

しかし「熱」を利用しているために、実用上次のような問題点があった。

薄膜ヒータ4により発生した熱は、コア部2の近傍の温度上昇に費やされるほか、大部分の熱はシリコン基板1に拡散してしまい、加熱効率が悪く、消費電力の増大を招くという問題点があった。

さらにまた、同一シリコン基板1上に複数個の位相調節に用いる薄膜ヒータ4を集積化すると、シリコン基板1を介して一方の薄膜ヒータ4の熱が他の薄膜ヒータ4の近傍にまで伝わり、相互干渉(クロストーク)を生じるという問題があった。

そこで、本発明の目的は、上述のような問題点を解消し、加熱ヒータの加熱効率が良好となして、消費電力の増大を抑制し、しかも相互干渉を生じることの少ない光導波路装置を提供すること

実施例1

第1図に、本発明の一実施例の構成を示す。第1図(a)はその平面図であり、第1図(b)は第1図(a)のB-B'線に沿った断面図である。本実施例では、第4図に示した従来例の光導波路とは異なり、クラッド層3の一部分に、コア部2の長手方向に沿って、溝11aおよび11bが設けられ、シリコン基板1まで達している。これらの溝11aおよび11bの底部を連通するようにシリコン基板1の一部をエッチングにより除去し、シリコン基板除去領域12を形成して、加熱された光導波路部13から基板1への熱伝導を抑制するように構成する。上述したように、シリコン基板1から分離した光導波路部13の上部には、位相を調整する加熱体としての薄膜ヒータ4が装荷されている。

このような構成の光導波路の構造の諸元は種々に定めることができるが、ここでは以下の通りに定めた。すなわち、シリコン基板1の厚さは0.7mm、クラッド層3の厚さは50μm、コア部2の断面寸法は8μm×8μm、コア部とクラッド層間

の屈折率差は0.2とした。

このような石英系光導波路構造は、 SiCl_4 、 TiCl_4 などの原料ガスの火炎加水分解反応を利用したガラス膜の堆積技術と反応性イオンエッチング技術との組合わせにより作製される(河内正夫:「石英系光導波路の微細加工」、応用物理学会光学懇話会微小光学研究グループ機関誌、1986, Vol. 4, No. 2, pp. 33-38)。

溝11aおよび11bの各幅は $60\mu\text{m}$ 、各長さは 2mm として、分離光導波路部13の幅が $60\mu\text{m}$ となるように配置した。溝11aおよび11bは、クラッド層3の一部分を、反応性イオンエッチングにより、シリコン基板1が露呈するまで除去することにより形成されている。これら溝11aおよび11bを通して、シリコン基板1の一部分が化学エッチングにより深さ $50\mu\text{m}$ 程度まで除去されて、分離光導波路部13を構成している。シリコン基板1の化学エッチング液としては、フッ酸、硝酸、酢酸の混合液を使用した。

薄膜ヒータ4は、たとえば厚さ $0.3\mu\text{m}$ 、幅

る。

第2図(b)に示したC-C'線断面の部分は第1図に示した構成と同じである。本実施例では、実施例1と異なって、複数の溝21a, 21b, 22a, 22b, 23a, 23bを設け、溝21a, 21bと22a, 22bおよび溝22a, 22bと23a, 23bの間にブリッジ構造部31a, 31bおよび32a, 32b(第2図(a)参照)を配設する。これら溝21a, 21b, 22a, 22b, 23aおよび23bでの断面は第2図(b)に示すようになるのに対し、ブリッジ構造部31a, 31b, 32a, 32bにおいては、第2図(c)に示すように、クラッド層3はブリッジ状をなしている。そのために、薄膜ヒータ4の配置されている部分に対応する分離光導波路部13は各ブリッジ構造部31a, 31b, 32a, 32bによってシリコン基板1に支持されている。

このような構成をとることにより、加熱された光導波路部13から基板1への熱伝導を抑制するように構成することができる。ここで、分離光導波路部13はコア部2の長手方向に沿って複数個に分割され、ブリッジ構造部31a, 31b, 32aおよび32b

$50\mu\text{m}$ 、実効長さ 2mm にわたってクロム金属膜を真空蒸着法により形成して構成した。約 10mW の電力を薄膜ヒータ4に通電すると、光導波路の光路長が $0.2\mu\text{m}$ 増加することが観測された。この光路長増加は、薄膜ヒータ4の下に位置する分離光導波路部13のコア部2の近傍の温度が約 10°C 上昇することに相当する。

比較のために、第5図に示した従来例の位相調節部を有する光導波路(薄膜ヒータ4の構造は第1図と同様にした)を構成したところ、光路長が $0.2\mu\text{m}$ 増加するのに必要な薄膜ヒータ4への印加電力は約 100mW であった。

この比較例から明らかなように、本発明の構成によれば、従来構成の場合に比べて約1桁小さい消費電力で位相調節を実現することができる。

実施例2

第2図に本発明の第2の実施例の構成例を示す。第2図(a)はその平面図、第2図(b)および(c)は、第2図(a)における、それぞれ、C-C'線およびD-D'線に沿った断面図であ

によってシリコン基板1により支持される。

本実施例のコア部2の断面寸法は実施例1と同様に定めることができる。また、本例では、各溝21a, 21b, 22a, 22b, 23aおよび23bの長手方向の長さは $440\mu\text{m}$ と定め、ブリッジ構造部31a, 31b, 32aおよび32bの幅は $60\mu\text{m}$ とした。このようにして、溝とブリッジ構造部の幅との合計長である $500\mu\text{m}$ を周期としてブリッジ構造を繰り返して、 10mm の長さの分離光導波路部13およびシリコン基板除去領域12を形成した。第2図(a)においては、図示を簡単にするために、3周期のブリッジ構造のみを示した。分離光導波路部13の上面上には、クロム金属薄膜蒸着を基本として約 10mm 長の薄膜ヒータ4を形成した。

上述のようなブリッジ構造の採用により、数 mm 長以上に及ぶ比較的長い薄膜ヒータ4を装荷した分離光導波路部13も破損することなく形成維持することができた。

上述の薄膜ヒータ4に 50mW の電力を印加したところ、光路長が $1\mu\text{m}$ 程度変化した。ちなみに、

分離光導波路部13を形成しない従来例の構成の場合には、 $1\mu\text{m}$ の光路長の変化を達成するには、500mW程度の印加電力が必要であったことを付記する。このことは、分離光導波路部13を設けることにより、薄膜ヒータ4の発熱が、シリコン基板1に無駄に拡散することなく有効に利用されていることを示しており、かつブリッジ構造部31a,31b,32a,32bを経てシリコン基板1へ至る経路の断熱性も十分に高いことを意味している。

実施例3

第3図は、本発明の第3の実施例の構成を示し、これは光スイッチアレイに応用した一例である。

第3図においては、4列の光スイッチが同一シリコン基板1上に密接して集積されている。

第3図において、41a,41b,42a,42b,43a,43b,44a,44bは、石英系光導波路により構成された方向性光結合器(3dBカブラー)、41cと41d,42cと42d,43cと43d,44cと44dは、それぞれ、方向性結合器41aと41b,42aと42b,43aと43b,44aと

例を示すと、入力端41e,41f,42e,42f,43e,43f,44e,44fは $250\mu\text{m}$ ピッチとなし、出力端41g,41h,42g,42h,43g,43h,44g,44hのピッチも同様とした。本実施例の薄膜ヒータ付光導波路は、第2図示の実施例2と同様の分離光導波路構造を有しており、その実効的な加熱長は10mmとした。シリコン基板1の寸法は、縦1cm、横4cmとした。

一般に、同一シリコン基板上に複数個の光スイッチが集積されている構造においては、特定の光スイッチの切替動作のために薄膜ヒータに通電すると、発生した熱がシリコン基板を介して隣接する光スイッチにまで伝わり、隣接する光スイッチの誤動作を招く、すなわち相互干渉(クロストーク)が生ずるという問題が、従来の熱光学効果利用の光スイッチには見られた。

しかし、本発明による分離光導波路を用いて、その薄膜ヒータによる位相器を利用した光スイッチでは、上述の従来の問題点は最小限に抑制される。実際、第3図の構成で、任意の薄膜ヒータに通電して切替動作を行ない、隣接する光スイッチ

44bを対として連結するよう配置された位相調節に用いる薄膜ヒータ付光導波路である。例えば、方向性結合器41aと41bは、薄膜ヒータ付光導波路41cと41dを介して連結され対称形マッハ・ツェンダー光干渉計の光回路を構成している。41eと41f,42eと42f,43eと43f,44eと44fは、それぞれ、光結合器41a,42a,43a,44aへの入力端である。41gと41h,42gと42h,43gと43h,44gと44hは、それぞれ、光結合器41b,42b,43b,44bからの出力端である。

このような光回路構成とすることにより、入力端41eから入射した信号光は、光干渉作用に基づいて出力端41hから出射される。ところが、薄膜ヒータ付光導波路41cあるいは41dに通電して光路長を信号光波長の $1/2$ 相当だけ変化させると、公知の光干渉原理により、光が出射する出力端は41hから41gへと変化する。すなわち、かかるマッハ・ツェンダー光干渉計回路は光スイッチとして作用する。

第3図における光導波路の配置の概略寸法の一

を同時に通過している信号光の強度変化を観察したところ、強度変化は0.1%以下であった。これに対して、第3図の実施例と同規模であるが、ただし従来例と同様の構成で分離光導波路部のない光スイッチ列を形成したところ、数%の強度変化が観察され、実用上不都合であった。

本実施例の構成では、従来例の構成に比べて、約1桁の低消費電力化が達成されており、消費電力の低減が、クロストークの低減に貢献していることも見逃せない点である。

以上の実施例では、シリコン基板除去領域12においてコア部2はシリコン基板1から完全に分離されていたが、次の実施例に示すように、必ずしも完全に分離しなくとも本発明の目的を達成することができる。

実施例4

第4図は、本発明の第4の実施例の構成を示す断面図である。第1図に示した実施例1との相違点は、分離光導波路部13の下部のシリコン基板除去領域12のシリコン基板分離が完全ではなく、連

結部51を残している。本例においても、シリコン基板除去領域12により、加熱された光導波路部13から基板1への熱伝導を抑制するように構成する。

一例として、分離光導波路部13の幅は約 $80\mu\text{m}$ 、連結部51の幅は最も狭い所で約 $20\mu\text{m}$ とした。このような構造はクラッド層3の一部分を C_2F_6 ガスを主なエッチングガスとする反応性イオンエッチングにより除去して溝11aおよび11bを形成した後、エッチングガスを SF_6 に変えてシリコン基板1をいわゆるアンダーカット気味にドライエッチングすることにより作製した。

本実施例では、実施例1に比較して、連結部51を残しているものの、連結部51の幅が比較的に狭いため、第5図に示した従来構造に比べて、シリコン基板1への熱伝導はわずかであり、1桁近い消費電力の低減が達成された。第1図に示した実施例1に比べて、消費電力やクロストークの低減面で若干劣ることは事実であるが、反面、連結部51を残しているために、分離光導波路部13の機械的

強度を保つことが容易であり、機械振動が加わる環境下での使用にも耐える利点がある。

このように、本発明の実施にあたっては、応用分野に応じて、完全分離(実施例1)と不完全分離(実施例4)を使いわけることができる。

なお、以上の実施例では、シリコン基板上の石英系ガラス光導波路を例にとって本発明を説明したが、これは、石英系ガラス光導波路が光ファイバとの整合性の点で実用上有利なためである。しかし、本発明は、石英系ガラス光導波路のみに限定されるものではなく、他のガラス材料系、例えば窒化シリコンをコア部とする光導波路などにも適用できることはもちろんである。

さらにまた、シリコン基板分離領域を形成するにあたって、上記実施例では、クラッド層にあげた溝を介して、シリコン基板の一部をエッチング除去する構成を示したが、場合によっては、シリコン基板の裏面から所望領域のシリコン基板をエッチングして除去する方法を採用することもできることもちろんである。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によれば、光導波路の一部分は基板から実質的に分離されており、その分離された光導波路の上部に光路長を微調するためのヒータが設けられているので、光導波路への加熱効率が良好であり、したがって、消費電力が低く、しかも相互干渉(クロストーク)の小さい光導波路装置を提供できる。

さらにまた、本発明において、加熱された光導波路部から基板への熱伝導を抑制するように構成する構造は上例に限られず、たとえばシリコン基板除去領域に熱伝導の低い材料によるスペーサを配置するなど、材料の点から、加熱された光導波路部から基板への熱伝導を抑制するように構成することもできる。

本発明光導波路装置は、ガラス光導波路にチューニングやスイッチング機能を付与して、多種多様な導波形光部品を提供する上で、きわめて有効である。

4. 図面の簡単な説明

第1図(a)および(b)は本発明の第1実施例の構成を示す、それぞれ、平面図およびB-B'線断面図、

第2図(a)、(b)および(c)は本発明の第2実施例の構成を示す、それぞれ、平面図、C-C'線断面図およびD-D'線断面図、

第3図は本発明第3の実施例としての光スイッチの構成を示す平面図、

第4図は本発明の第4実施例の構成を示す断面図、

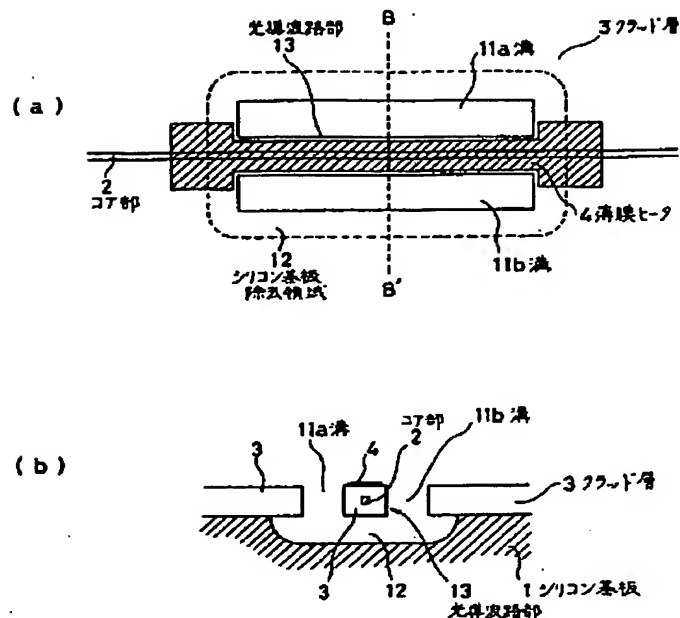
第5図(a)および(b)は従来の光導波路の概略構成を示す、それぞれ、平面図およびA-A'線断面図である。

- 1…シリコン基板、
- 2…コア部、
- 3…クラッド層、
- 4…薄膜ヒータ、
- 11a、11b…溝、

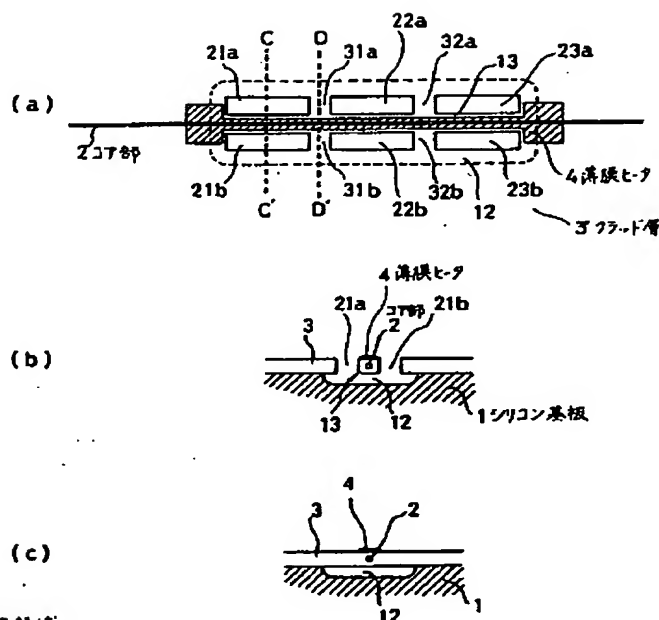
- 12…シリコン基板除去領域、
 13…分離光導波路部、
 21a, 21b, 22a, 22b, 23a, 23b …溝、
 31a, 31b, 32a, 32b …ブリッジ構造部、
 41a, 41b, 42a, 42b, 43a, 43b, 44a, 44b …方向
 性結合器、
 41c, 41d, 42c, 42d, 43c, 43d, 44c, 44d …薄膜
 ヒータ付光導波路、
 41e, 41f, 42e, 42f, 43e, 43f, 44e, 44f …入力
 端、
 41g, 41h, 42g, 42h, 43g, 43h, 44g, 44h …出力
 端、
 51…連結部。

特許出願人 日本電信電話株式会社

代理人 弁理士 谷 義 一



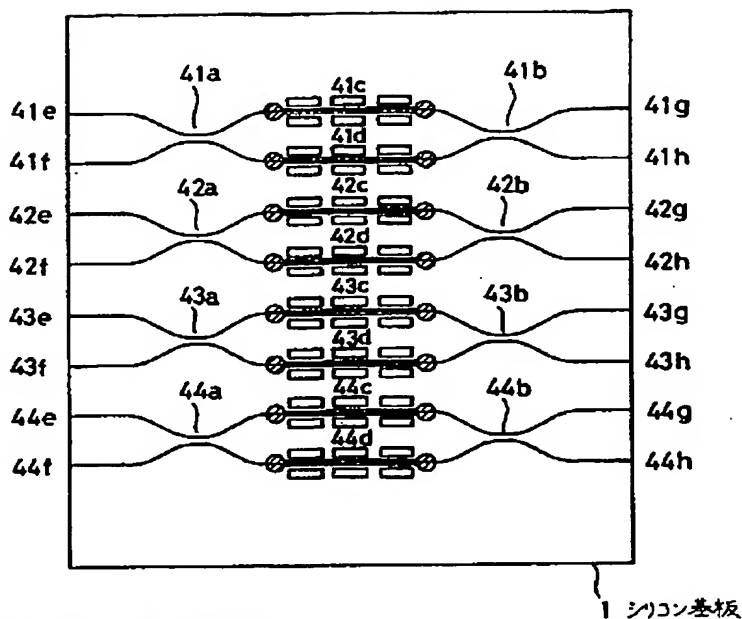
本発明の第1実施例の平面図およびB-B'線断面図
 第1図



- 12 シリコン基板除去領域
 13 光導波路部
 21a, 21b } 溝
 22a, 22b }
 23a, 23b }
 31a, 31b } ブリッジ構造部
 32a, 32b }

本発明の第2実施例の平面図、
 C-C'線断面図およびD-D'線断面図

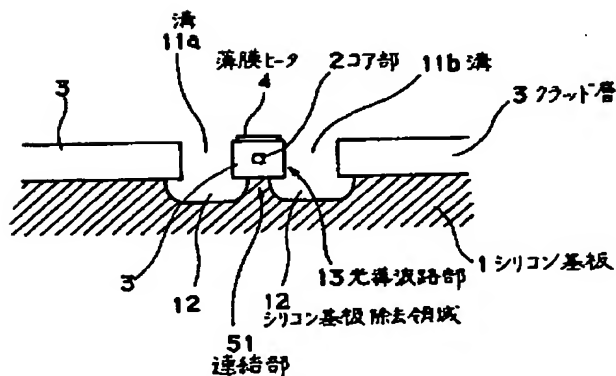
第2図



41a, 41b, 42a, 42b, 43a, 43b, 44a, 44b 方向性光結合器
 41c, 41d, 42c, 42d, 43c, 43d, 44c, 44d 薄膜ヒータ付光導波路
 41e, 41f, 42e, 42f, 43e, 43f, 44e, 44f 入力線
 41g, 41h, 42g, 42h, 43g, 43h, 44g, 44h 出力線

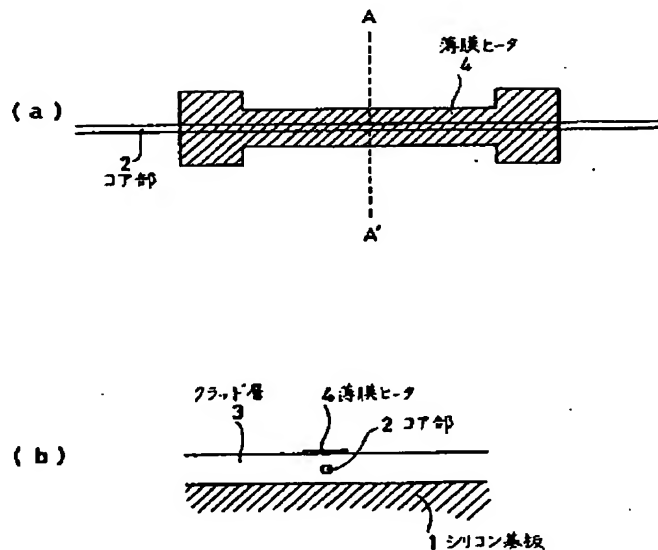
本発明の第3実施例の平面図

第3図



本発明の第4実施例の断面図

第4図



従来例の平面図およびA-A'線断面図

第5図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.